Aus der Neurologischen Universitätsklinik Würzburg
Direktor: Prof. Dr.med.G.S c h a l t e n b r a n d

D i e S c h w e l l e n w e r t e d e s H a u t v i b r a t i o n s g e f ü h l s u n d i h r e B e z i e h u n g z u r D i c h t e d e r D r u c k p u n k t e .

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Christine K r a f t
aus Allagen-Höhne

Würzburg 1956

Aus der Neurologischen Universitätsklinik Würzburg
Direktor: Prof. Dr.med.G.S c h a l t e n b r a n d

D i e S c h w e l l e n w e r t e d e s H a u t v i b r a t i o n s g e f ü h l s u n d i h r e B e z i e h u n g z u r D i c h t e d e r D r u c k p u n k t e .

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Christine K r a f t
aus Allagen-Möhne

Würzburg 1956

Tag der mündl. Prüfung:
24. Feb. 1956

Referent: Professor Dr. med. G. S c h a l t e n b r a n d

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Meinen Eltern in Dankbarkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543516_0159

Inhaltsangabe

I. Begriffsbestimmung Seite 1

II. Schrifttum " 1
A) Vibrationsempfindung durch ein spezifisches Rezeptionsorgan.
B) Vibrationsempfindung als eine durch den Hautsinn vermittelte Wahrnehmung.

III. Fragestellung " 4
A) Schwellenwerte der Vibrationsempfindung der Haut.
B) Abhängigkeit der Schwellengrösse von der Anzahl der Druckpunkte.

IV. Untersuchungen " 4
A) Apparatur
B) Versuchsanordnung

V. Ergebnisse " 9
A) Schwellenwerte
B) Vibrationsempfindung und Druckpunkte der Haut.

VI. Kritik " 16

VII. Zusammenfassung. " 17

I. Begriffsbestimmung.

Das Vibrationsgefühl der Haut ist die Wahrnehmung intermittierender Reize, die mit einer konstanten Frequenz und Energie die Hautoberfläche berühren.

II. Schrifttum.

Die Durchsicht des Schrifttums zeigt, dass bei der Behandlung des Themas „Vibrationsempfindung" immer wieder die Frage nach der Existenz eines spezifischen oder unspezifischen Rezeptionsorganes aufgeworfen wird. Aus der Vielzahl der Meinungen sollen hier nur zwei herausgegriffen und verfolgt werden.

A) Vibrationsempfindung durch ein spezifisches Rezeptionsorgan.

K a t z und U r l d t (1926) vertreten die Ansicht, dass ein vom Drucksinn der Haut unabhängiger Vibrationssinn anerkannt werden müsse, der auf dem Umweg über eine Bewegungsempfindung oder -wahrnehmung zustandekomme.

C o l e m a n W a r r e n stellt (1939) fest, dass im gesamten regnum animale der Sinn für Schwingungen aller Art verbreitet sei. Er behauptet, dass die Wahrnehmung beim Menschen - unabhängig vom Tast- und Drucksinn - eine Eigenschaft der Zelle schlechthin sei, wie z.B. Atmung und Stoffwechsel.

B) Vibrationsempfindung als eine durch den Hautsinn vermittelte Wahrnehmung.

Demgegenüber schreibt G o l d s c h e i d e r (1904), dass das Vibrationsgefühl keine spezifische Empfindung ist, die sich auf bestimmte Nerven beschränkt, sondern dass es sowohl den Hautdrucknerven wie auch den tiefen sensiblen Nerven eigen ist.

Auch L i l i e n s t e i n (1909) sieht in dem Vibrationsgefühl und in der Empfindung für die Rauhigkeit eines Gegenstandes einen Teil der Tiefensensibilität der Haut selbst.

v. F r e y (1928/29) ist der bedeutendste Vertreter auf dem Gebiet der Erforschung des Hautsinns schlechthin. Er lehnt ebenfalls ein spezifisches Empfindungsorgan für den Vibrationssinn ab. Er vertritt die durch zahlreiche Experimente erhärtete Lehre, in der er das Vibrationsgefühl in eine der vielgestaltigen, durch den Drucksinn vermittelten Empfindungen einordnet. Er bezeichnet die Berührung als schwachen, örtlich umschriebenen Reiz, den Kitzel als flüchtig sich bewegenden, den Druck als stetig anhaltenden und den oszillierenden Reiz als Vibrationsempfindung oder Schwirren. „Alle diese Empfindungen werden durch eine einzige Art von Nervenenden vermittelt, die in den Druckpunkten ihre Projektion auf die Oberfläche haben. Eben diese Punkte sind auch die einzigen, die auf faradische Ströme und Stimmgabelschwingungen mit Schwirren = Vibrationsgefühl antworten." Voraussetzung dabei ist, dass diese Reize auf schwellenmässiger Stärke gehalten werden, d. h. dass sie oberhalb der Druckempfindlichkeit einer Hautstelle liegen, die ihrerseits wiederum abhängt von der Dichte der vorhandenen Druckpunkte. - - - Die Feststellung, dass beim Aufsetzen der Stimmgabel auf den Knochen das Schwirren besonders deutlich und ausgebreitet in Erscheinung tritt, erklärt v. F r e y durch die gute Schalleitung im Knochen und die Ausbreitung der Schwingungen auf eine grössere Hautfläche unter Erregung der Druckpunkte. Gleichzeitige Erregung benachbarter Punkte verstärken sich gegenseitig. Also ist die Empfindung stärker, wenn die Erregung sich weiter ausbreitet und je mehr Endorgane auf der erregten Fläche sind. - - - v. F r e y erkannte als erster die Wichtigkeit der Vibrationsempfindung - als dem Sinnesorgan der Haut zugehörig - in dem Akt der

Tastleistung. Jede Form des Tastens, bei welcher die Fingerspitzen über die Oberfläche der Dinge gleiten, führen zu einer vibratorischen Reizung der Hautleisten. Bei geeigneter Geschwindigkeit der Bewegung und richtigem Druck (gegen die Unterlage) lassen sich erstaunlich geringe Unterschiede der Rauhigkeit (= Vibrationsreiz) erkennen.

Zusammenfassend glaubt v. F r e y an Hand seiner Untersuchungen annehmen zu können, dass die Empfindung des Vibrationsreizes abhängt von den Rezeptoren des Drucksinnes der Haut.

R e d l i c h schreibt (1916), dass er ein übereinstimmendes Verhalten der Hautsensibilität und des Vibrationsgefühls in Hinsicht auf Ausdehnung und Intensität festgestellt habe.

G i l l n e r und v. H a l l e r bestätigen (1939) die Ergebnisse der Versuche v. F r e y ' s. „Untersuchungen über die allgemeine Natur der Empfindung, durch verschiedene Reize hervorgerufen, ergeben: Vibration ist nichts anderes als unterbrochener Druck." Ein besonderer Vibrationssinn wird abgelehnt.

Auch N e w m a n , D o u p e und W i l k i n s (1939) kommen nach entsprechenden Experimenten zu der Folgerung, dass die Vibrationsempfindung von einer Reizung der Hautrezeptoren und Rezeptoren tieferer Strukturen ihren Ausgang nehmen kann. Wahrscheinlich sind die Hautrezeptoren dieselben, die bei den Tastempfindungen in Betracht kommen, während die Rezeptoren in den tieferen Geweben eng verbunden, wenn nicht identisch sind mit jenen, die die Empfindung von passiven Bewegungen vermitteln.

III. Fragestellung.

In dieser Arbeit soll untersucht werden

A) bei welcher Frequenz und Intensität eines die Haut berührenden Reizes dieser als „Vibrationsempfindung" wahrgenommen wird,

B) ob die erhaltenen Schwellenwerte für die Vibrationsempfindung einer Hautstelle in Korrelation zu der Anzahl der Druckpunkte steht.

IV. Untersuchungen.

A) Apparatur.

Die Schwelle der Vibrationsempfindung ist abhängig von der Frequenz und Intensität eines Reizes. Beide Faktoren müssen also in gleicher Höhe gehalten werden können, regulierbar und messbar sein, um genaue, untereinander vergleichbare Ergebnisse von Untersuchungen der Vibrationsempfindung zu bekommen. Diesen Anforderungen entspricht die zuerst von L e h m a n n (1913), später von v. F r e y zur Erzeugung des Vibrationsgefühles benutzte, angeschlagene Stimmgabel nicht.

Im Laufe der Jahre sind mehrfach Versuche gemacht worden, entsprechende Geräte zur genauen Messung der Hautempfindlichkeit gegenüber mechanischer Vibration zu entwickeln. Als erwähnenswert betrachten wir die Apparate von C. F. T h i e l (1931) und von v. H a l l e r (1935). T h i e l nutzte den Vibrationssinn aus zur Übermittlung von Sprachrhythmen an Taubstummen. Die Sprachlaute, bezw. die von variablen Stimmgabeln erzeugten Töne werden von einem Mikrophon aufgenommen, in einem 3-Röhren-Gerät verstärkt und schliesslich dem Vibrator zugeführt, der abge-

tastet wird. Die Intensität kann durch Annäherung der Tonquelle an das Mikrophon geändert werden. - v. H a l l e r konstruierte einen Apparat, mit dem die Sensibilität gegenüber Vibrationen durch einen elektromagnetischen Sprecher festgestellt wird. Die gewonnenen Kurven ergeben, dass die Beziehung Frequenz/ Amplitude annähernd gleich bleibt. Sie lassen jedoch die Frage nach den Werten der Reizschwellen der einzelnen Hautpunkte unbeantwortet.

Es ist das Verdienst von Herrn Prof. S c h a l t e n b r a n d , in Zusammenarbeit mit der Firma Gerhard W. Siegel, Ulm, ein Gerät konstruiert zu haben, das den Anforderungen, die wir schlechthin an jedes Instrument für eine exakte Prüfung stellen müssen, entspricht, nämlich: 1) Abstufung der Reizmodalitäten unabhängig voneinander, 2) Messbarkeit derselben in Zahlen ausgedrückt, 3) Reproduzierbarkeit, d.h. genaue Nachprüfung.
Das Vibrationsgerät hat 7 Schwingkreise mit einer Frequenz von 7 - 4000 Hz. Die einzelnen Kreise überschneiden sich wie folgt:

I	=	7 - 25 Hz	V	=	200 - 1000 Hz
II	=	25 - 150 Hz	VI	=	600 - 2500 Hz
III	=	50 - 240 Hz	VII	=	1500 - 4400 Hz
IV	=	150 - 550 Hz			

Ein Drehkondensator ermöglicht es, auch innerhalb jedes einzelnen Schwingkreises jede Frequenzweite einzustellen. Die Intensität des jeweiligen Reizes wird durch ein Potentiometer gesteuert, das eine Skala von 1 - 100 Einheiten aufweist. Die theoretisch zu fordernde Energieabgabe steigt logarythmisch mit aufsteigender Potentiometer-Einstellung. Die praktisch wirksame Energie jedoch, die sich in der messbaren Weite der Amplitude auswirkt, zeigt keine periodisch ansteigende Korrelation.

Es ergibt sich lediglich das Verhältnis: steigende Potentiometer-Einstellung/steigende Amplitudenweite. Genauere Beziehungen zwischen dem Skalenwert des Potentiometers und der praktisch messbaren Amplitudengrösse wurden bereits in der Dissertation von A. Hanesch tabellarisch erfasst.

Die Übertragung des durch Frequenz und Intensität gesteuerten Reizes erfolgt durch einen stäbchenförmigen Schwingungskopf, der sich in einem Handstück befindet.

B. Versuchsanordnung.

Die Versuche wurden an 6 gesunden Versuchspersonen vorgenommen, die auch anamnestisch keinen neurologischen Befund aufwiesen.

1. Ch. W. 28 jähriger Student; gedrungener Körperbau; pyknisch-athletischer Habitus; geringe Adipositas. Wesensart: gelassen. Reaktionsweise: langsam bis mittelschnell.

2. B. K. 30 jähriger Student; asthenisch-athletischer Körperbau. Wesensart: Ruhig, sensibel. Mässig schnelle Reaktionsweise.

3. A. H. 25 jährige Studentin; pyknisch-athletischer Habitus, klein, leicht adipös. Wesensart: ruhig, nüchtern. Mittelschnelle, sichere Reaktionsweise.

4. O. T. 24 jährige Studentin, asthenisch-muskulöser Körperbau, mittelgross. Wesenaart: aufgeschlossen, sachlich. Reaktionsweise: Schnell und sicher.

5. C. K. 25 jährige Studentin, asthenisch-athletischer Habitus, gross. Wesensart: impulsiv, leicht erregbar. Schnelle, heftige Reaktionsweise.

6. M. U. 25 jährige Studentin. Körperbau: klein, grazil. Wesensart: vorsichtig, empfindsam. Lebhafte Reaktionsweise.

Vor Beginn eines jeden Versuches wiesen wir die Versuchsperson (Vp.) an, eine halbe Stunde mit geschlossenen Augen zu ruhen, um eine völlige Entspannung des Körpers zu erzielen. Zugleich wurde auch der Apparat eingeschaltet, um ihm eine bestimmte Anlaufzeit zu geben. Trotz einer besonderen Dämpfungsvorrichtung innerhalb des Handstückes des Vibrators liess es sich nicht vermeiden, dass die verschiedenen Frequenzstärken akustisch wirksam waren. Deshalb wurden die Ohren der Vp. mit Ohropax verschlossen, um eine suggestive Beeinflussung in den Angaben der Schwelle der Vibrationsempfindung zu vermeiden.

Alle Experimente wurden von dem gleichen Untersucher durchgeführt, um die variablen Komponenten in der technischen Ausführung des Versuches möglichst konstant zu halten. Ein zweiter Untersucher übernahm die Schaltung des Gerätes und die Führung des Protokolls. Der Vibratorkopf wurde so auf die zu prüfende Hautstelle gesetzt, dass seine Oberfläche gerade eben noch die Hautoberfläche berührte. Auf diese Weise versuchten wir, das Mitschwingen des subcutanen Gewebes und des Knochens auszuschalten. Durch Abstützen des Unterarmes des Untersuchers wurde diese Stellung - so weit es überhaupt im Bereich des Möglichen liegt - während aller Versuche beibehalten. Dann wurde bei Einstellung des mittleren Frequenzbereiches jedes einzelnen Schwingkreises die Intensität des Reizes so lange verstärkt, bis die Vp. die erste Vibrationsempfindung angab. Nach kurzem Absetzen des Handstückes wurde jeder Versuch wiederholt und der Schwellwert des entsprechenden Hautpunktes der anderen Seite bestimmt. Dabei ergaben sich in den Angaben der Empfindungsschwelle nur ge-

ringe Differenzen bis höchstens 6 Intensitäts-Einheiten (IE). Durch eingestreute Leerversuche überzeugten wir uns von der Konzentration der Vp. Auf diese Weise untersuchten wir folgende Hautpunkte

Obere Extremität	Untere Extremität
Oberarm Streckseite (Mitte)	Oberschenkel Streckseite (Mitte)
Oberarm Beugeseite "	Oberschenkel Beugeseite "
Unterarm Streckseite "	Unterschenkel Streckseite "
Unterarm Beugeseite "	Unterschenkel Beugeseite "
Hohlhand	Fussrücken
Daumenballen	Fußsohle
Zeigefingerkuppe	Zeh I Streckseite
	Mittelzehkuppe
Kopf	**kumpf**
Stirn	Sternum
Hinterkopf	Mammillarlinie
Wange	Rücken Thoraxbereich
Nasenspitze	Rücken Lendenbereich
Kinn	Bauch Medianlinie
Oberlippe	Nackenmitte
Unterlippe	Halsmitte

Die gefundenen Schwellenwerte jedes Testpunktes innerhalb der verschiedenen Schwingkreise trugen wir in ein Koordinatensystem ein, dessen Abszisse den jeweiligen eingestellten Mittelwert des Schwingkreises und dessen Ordinate die von der Frequenzhöhe abhängigen Intensitätseinheiten bei Auftreten der ersten Vibrationsempfindung angibt. Auf diese Weise erhielten wir durch Prüfung der einander entsprechenden Hautstellen der linken und der rechten Seite 1740 Kurven, deren Veröffentlichung im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen würde. Wir errechneten daher aus den 12 Kurven eines jeden Hautpunktes der 6 Vp. den Durchschnittswert der

Empfindungsschwelle in jedem einzelnen Schwingkreis (siehe Abb. 1 und 2).

V. Ergebnisse.

A) Schwellenwerte.

Übereinstimmend in allen Kurven stellen wir fest, dass die Empfindungsschwelle bei Steigerung der Frequenz von 18 bis 50 Hz. fällt, bei weiterer Frequenzerhöhung im Bereich des 3. Schwingkreises jedoch (150 Hz.) steigt. Innerhalb des 4. Schwingkreises (350 Hz.) zeigt sich wieder eine deutliche Erhöhung der Vibrationsempfindlichkeit, die an allen getesteten Punkten noch unter der Schwelle des Ausgangswertes bei 18 Hz. liegt (Abb. 3 und 4). Im 5. Schwingkreis (600 Hz.) steigen die Schwellenwerte in steiler Kurve spontan an. Die Angaben über die Empfindung intermittierender Reize innerhalb des 6. und 7. Schwingkreises, also in einem Frequenzbereich von 600 bis 4400 Hz. waren sehr unsicher. Teilweise wurde der Reiz nur als Berührung wahrgenommen, teils setzte die Vibrationsempfindung erst ein, wenn die diesen Frequenzbereichen zugehörige Intensität des Reizes längere Zeit auf die gleiche Stelle einwirkte.
Eine Erklärung für die Erhöhung der Schwelle innerhalb des 3. Schwingkreies glauben wir darin zu finden, dass in diesen Frequenzbereichen eine Dämpfung der vom Schwingungskopf übertragenen Intensität des Reizes durch Eigenschwingungen des Apparates selbst erfolgt. Der steile Anstieg der Schwellenwerte im 5. Schwingkreis und die unsicheren Angaben im 6. und 7. Schwingkreis sind auf die unscharfe und wechselnde Grösse der Intensitätsamplituden in diesen Bereichen zurückzuführen. Durch den Wechsel geringerer Amplituden mit höheren Amplituden kommt es zu einer Überlagerung der Wirkung von

Ausschlägen minderen und höheren Grades. Die zu jeder dieser wechselnden Amplituden gehörende Frequenz bildet naturgemäss nur einen Bruchteil der vom Apparat eingestellten Frequenzstärke. Die Werte des 6. und 7. Schwingkreises müssen also bei einer Beurteilung der Schwellenhöhe ausser Betracht gelassen werden.
Den empfindlichsten Punkt der gesamten ausgetesteten Körperoberfläche fanden wir an der Zeigefingerkuppe in einem Frequenzbereich von 350 Hz. Am unempfindlichsten erwies sich die Haut über der Mitte der Beugeseite des Unterschenkels bei 18 Hz. Beide Kurven haben wir graphisch dargestellt, um den Intensitätsbereich zu veranschaulichen, in dem die Schwellenwerte der Körperoberfläche für das Vibrationsgefühl schlechthin liegen (Abb. 5).
Aus praktischen Gründen unterteilten wir die gemessenen Ergebnisse unserer Untersuchungen in die Schwellenwerte der einzelnen Hautpunkte der oberen Extremität, der unteren Extremität, des Kopfes und des Rumpfes.
Beim Vergleich der Kurvenschar der oberen und unteren Extremität (Abb. 1) fällt auf, dass die Vibrationsempfindlichkeit der Hand sich deutlich gegenüber der des Unter- und Oberarmes abhebt, während sich die Schwellenwerte des Fusses insgesamt von denen der übrigen Teile der unteren Extremität nicht absetzen. Die Empfindlichkeitsschwellen des oberen Extremität steigen in der Reihenfolge: Unterarm Streckseite - Oberarm Beugeseite - Unterarm Beugeseite- Oberarm Streckseite, die der unteren Extremität in der Reihenfolge: Unterschenkel Streckseite - Oberschenkel Streckseite - Oberschenkel Beugeseite - Unterschenkel Streckseite. Daraus ergibt sich, dass sich weder die anatomisch korrespondierenden Segmente, noch die funktionell zusammengehörenden (z.B. Beugeseite zu Beugeseite) beider Extremitäten entsprechen.

Die höchste Empfindlichkeit der unteren Extremität zeigt die Mittelzehkuppe, die niedrigste die Mitte des Unterschenkels (Wade). - - Zusammenfassend können wir feststellen, dass die durchschnittlichen Schwellwerte der unteren Extremität höher liegen als die der oberen.

Die Schwellenwerte des Rumpfes (Abb. 2) bewegen sich in einem nur geringen Intensitäts-Schwankungsbereich, d. h. dass die Kurven der einzelnen Hautpunkte sich teils überlagern, teils schneiden. Eine Ausnahme macht die Kurve der Vibrationsempfindlichkeit der getesteten Stellen über dem Sternum. Diese Tatsache beruht darauf, dass die Haut dem Sternum unmittelbar anliegt, sodass die Schwingungen auf die kompakte Knochensubstanz übertragen werden. Nach v. F r e y (siehe Seite 2) überträgt diese ihrerseits die Schwingungen wieder auf eine grössere Hautfläche, sodass die Schwelle der Vibrationsempfindung für die getesteten Punkte sehr herabgesetzt ist. Ausführlich wurde über das Wesen des „Knochenvibrationsgefühles " bereits in der Dissertation von A. Hanesch berichtet. - - - Den höchsten Schwellenwert des Rumpfes weist das Gebiet der Halsmitte auf.

Die Kurvenschar der Testpunkte des Kopfes (Abb. 2) zeigt ähnlich wie die des Rumpfes nur geringe Schwankungen. Eine besondere Stellung nimmt die Vibrationsempfindung der Ober- und Unterlippe ein. Ihre Schwellenwerte liegen tiefer, ihre Schwellendifferenz bleibt in jedem Schwingkreis konstant. Den für das Vibrationsgefühl unempfindlichsten Hautpunkt fanden wir am Hinterkopf. Wir führen diese Erscheinung jedoch darauf zurück, dass die Stärke des zugeführten Reizes durch die zwischen Vibratorkopf und Hautoberfläche liegenden Haare sehr geschwächt wurde.

Zusammenfassend stellen wir fest:
Die graphischen Darstellungen der durchschnittlichen Schwellenwertskurven und ihre Beschreibung sind die Lösung der ersten Fragestellung dieser Arbeit, nämlich: bei welcher Frequenz und Intensität eines die Haut berührenden Reizes dieser als Vibrationsempfindung wahrgenommen wird. Zur besseren Übersicht und vergleichenden Betrachtung der nach steigenden Schwellenwerten angeordneten Hautpunkte der einzelnen Körperabschnitte haben wir die unterschwelligen Bereiche im 1. und 4. Schwingkreis graphisch dargestellt. (Abb. 3 und 4). An Hand dieser Zeichnung wird es möglich, unter Berücksichtigung einer bestimmten physiologischen Schwankungsbreite pathologische Abweichungen der Vibrationsempfindlichkeit festzustellen. Wir wählten den 1. und 4. Schwingkreis, da bei diesen Frequenzen eindeutige und sichere Angaben über die Empfindungsschwelle gemacht werden konnten.
Abbildung 8 zeigt in schematischer Übersicht den mittleren Schwellenwert des 1. und 4. Schwingkreises von der gesamten Körperoberfläche.

B) Vibrationsempfindung und Druckpunkte.

Wie wir anfangs bei der Besprechung des Schrifttums darlegten, gibt es eine Anzahl Autoren, die die Theorie vertreten, dass die Receptoren für das Vibrationsgefühl mit denen des Drucksinns identisch sind.

Das anatomische Substrat des Drucksinns der Haut ist
1) die den Haarbelag umgebenden Nervengeflechte,
2) die Meißnerschen Tastkörperchen an den haarlosen Stellen.
An den behaarten Hautflächen gibt also die Dichte der Behaarung auch Auskunft über die Dichte der Versorgung mit druckempfindlichen Nervenenden. Da jedoch beim Erwachsenen das Haarkleid unvollständig geworden ist, ist die Anzahl der Haare für die Zählung der Druckpunkte nicht ausreichend.

v. F r e y machte daher folgende Experimente: mit einem Reizhaar von 5 g/mm Spannungswert führte er kurze Stösse gegen eine Hautstelle. Auf diese Weise stellte er neben sehr druckempfindlichen Orten auch viele andere fest, die weniger empfindlich waren. Von den zahlreichen Angaben, die in der Literatur über die Dichte der Druckpunkte gemacht wurden, stützen wir uns hier auf die Ergebnisse M. v. F r e y s , die bis heute noch nicht grundlegend geändert werden brauchten. Durch Aufsuchen und Bezeichnen der Orte maximaler Druckempfindlichkeit in Selbstversuchen stellte er folgende Durchschnittszahlen auf:

Zeigefinger Kuppe	110 - 152
Daumenballen	115 - 135
Hohlhand, ulnarer Rand	119
Fussrücken	22 - 26
Oberschenkel Mitte Streckseite	22
Rumpf	10 - 15
Unterarm Mitte	10 - 15
Oberarm Streckseite	9 - 15
Unterschenkel Beugeseite	6 - 8

An Hand unserer Versuche ermittelten wir zu jedem der von v. F r e y gefundenen Punkte den mittleren Intensitätsschwellenwert von den 6 Vp. in jedem Schwingkreis. Auf diese Weise erhielten wir die tabellarische Übersicht Nr. 1 (Seite 14).

Um eine noch eindeutigere Beziehung zwischen Schwellenwert und Anzahl der Druckpunkte zu bekommen, errechneten wir den Durchschnittswert der Intensitätsschwelle von allen 5 Schwingkreisen und den mittleren Wert der von v. F r e y angegebenen Druckpunkte (Tabelle 2, Seite 15).

Verhältnis der Vibrationsschwelle zur Anzahl der Druckpunkte.

Schwingkreis	Unterschenkel post.	Oberarm	Unterarm	Rumpf	Oberschenkel
I	94	92	90	90	89
II	94	90	89	87,5	85
III	96	91	90	91,5	85
IV	90	86	84	88	84,5
V	94	93	97	92	93
Druckpunkt-zahlen	6 - 8	9 - 15	10-15	10-15	22

Schwingkreis	Fussrücken	Hohlhand	Daumenballen	Zeigefinger
I	75	68	67	58
II	72	67	64	54
III	79	68	66	62,5
IV	73	63	63	53
V	85	72	65	61,5
Druckpunkt-zahlen	22-26	119	115-135	110-152

Tabelle: 2

Durchschnittswerte.

Verhältnis der Vibrationsschwelle zur Anzahl der Druckpunkte.

	Schwelle	Druckpunkte
Unterschenkel	93,6	7
Oberarm	90,4	12
Unterarm	90	12,5
Rumpf	89,8	12,5
Oberschenkel	87,4	22
Fußrücken	76,8	24
Hohlhand	67,6	119
Daumenballen	65	125
Zeigefinger	57,8	131

Ein bestimmtes proportional-steigendes, zahlenmässiges Verhältnis der Abhängigkeit beider Werte konnten wir nicht feststellen. Eine Erklärung hierfür dürfte sein, dass sowohl die Anzahl der Druckpunkte als auch die Ergebnisse der Schwllenhöhe für das Vibrationsgefühl durch die subjektiven Angaben naturgemäss erheblichen Schwankungen unterworfen sind. Jedoch geht aus diesem Überblick eindeutig hervor, dass der Schwellenwert für die Vibrationsempfindung fällt mit steigender Anzahl der Druckpunkte (Abb. 6).

Eine Bestätigung hierfür sehen wir auch in der Überlegung, dass der Vibrationsreiz technisch zustande kommt durch eine Deformierung der Haut und dem Rückgängigmachen einer solchen Deformierung. Die Deformierung als solche ist jedoch der adaequate Reiz des Drucksinnesorgans.

VI. Kritik.

Mit dem Vibrometer von Prof. S c h a l t e n b r a n d ist uns erstmalig die Möglichkeit gegeben, die Schwelle der Vibrationsempfindung der Haut messbar zu bestimmen.
Bei der Wertung der Ergebnisse der absoluten Schwellenhöhe eines Hautpunktes ist jedoch die physische und psychische Eigenart der Untersuchsperson zu berücksichtigen. Abb. 6 zeigt die Höhe der Schwellenwerte der einzelnen Versuchspersonen an den Stellen der grössten und niedrigsten Vibrationsempfindlichkeit der Haut. Bei vergleichender Betrachtung der einzelnen Kurven mit den jeweils entsprechenden Versuchspersonen kommen wir zu dem Ergebnis, dass der Intensitätswert für die Vibrationswahrnehmung steigt, je zarter der Körperbau, je empfindsamer die psychische Struktur und je lebhafter die Reaktionsweise ist (Abb. 7).
Teilweise aufgetretene Nebenempfindungen z. B. Kitzel, wärmegefühl waren so unregelmässig, dass sie nicht berücksichtigt zu werden brauchen.
Die Bestimmung der Unterschiedsschwellen sei hier nur kurz erwähnt. Wir prüften zwei Hautpunkte und zwei Knochenpunkte. Dabei wählten wir eine über alle Schwingkreise gleichbleibende Intensitätsstärke, die bei allen Vp. oberhalb des Schwellenwertes lag. Zwischen dem 2. und 3. Schwingkreis waren von allen Personen und bei allen Testpunkten keine sicheren Angaben über die Stärke der Änderung anzugeben. Unterschiede zwischen den anderen Schwingkreisen wurden immer angegeben. Die genauere Prüfung der Frequenzunterschiedlichkeit wird einer weiteren ausführlichen Versuchsserie bedürfen.
Es liegt in der Natur des Hautsinns schlechthin, dass wir bei seiner Untersuchung auf die subjektiven Angaben des Patienten angewiesen sind. Diese setzen eine bestimmte Aufgeschlossenheit und Konzentrationsfähigkeit voraus. So ent-

steht eine gewisse Fehlerbreite, die jedoch bei den einzelnen Personen im wesentlichen konstant bleibt, sodass bei der gleichen Person die Schwellenbeziehungen der einzelnen Punkte untereinander nicht allzu stark von den subjektiven Angaben betroffen werden.

Den grossen Vorteil des neuen Vibrationsmessungsgerätes von Prof. S c h a l t e n b r a n d sehen wir darin, dass es uns die Möglichkeit gibt, durch einfachste Handhabung die Schwelle der Vibrationsempfindlichkeit schnell und sicher zu bestimmen. Auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse glauben wir ferner annehmen zu dürfen, dass der Vibrator die umständliche und zeitraubende Bestimmung der Druckpunkte mit Hilfe der v. F r e y ' schen Reizhaare ersetzen kann, da die Zahl der Druckpunkte in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis zu der Höhe der Schwelle der Vibrationsempfindung steht.

VII. Zusammenfassung.

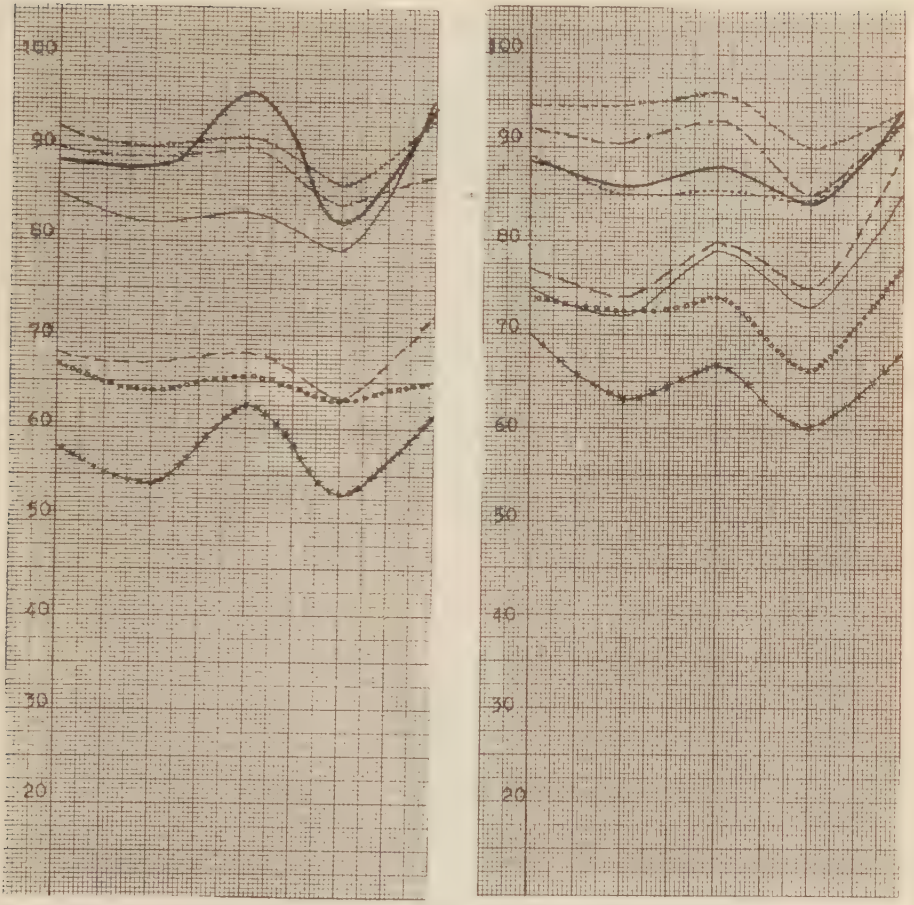
Die Vibrationsempfindung der Haut wird durch intermittierende Reize einer bestimmten Frequenz und Amplitudengrösse hervorgerufen. Durch Regulierung dieser beiden Faktoren unabhängig voneinander suchten wir die Schwelle für die Vibrationswahrnehmung an bestimmten Hautpunkten zu ermitteln. Die Untersuchungen führten wir an sechs gesunden Personen durch. Als reizauslösendes Gerät diente uns das Vibrometer von Prof. S c h a l t e n b r a n d , das uns ermöglichte, bei Einstellung einer bestimmten Frequenz die Intensitätsgrösse zu ermitteln, bei welcher der zugeführte Reiz als Vibrationsempfindung wahrgenommen wird. Wir stellten für jeden Hautpunkt eine Kurve der Durchschnittsschwellenwerte jedes einzelnen Frequenzbereiches fest. Zur besseren vergleichenden Übersicht

ordneten wir unsere Ergebnisse nach Körperabschnitten. Wir kamen zu dem Ergebnis, dass die Schwelle der Vibrationswahrnehmung abhängt von der Dichte der Druckpunkte. Mit steigender Dichte der Druckpunkte sinkt der Schwellenwert für die Vibrationsempfindung.

Mit dem Apparat von Prof. S c h a l t e n b r a n d ist dem Praktiker ein einfach zu handhabendes und darum sehr wertvolles Gerät zur feineren Diagnose der Ätiologie im Symptomenkomplex der Hautanaestesie in die Hand gegeben.

Abb. 1

Durchschnittliche Schwellenwertskurven.



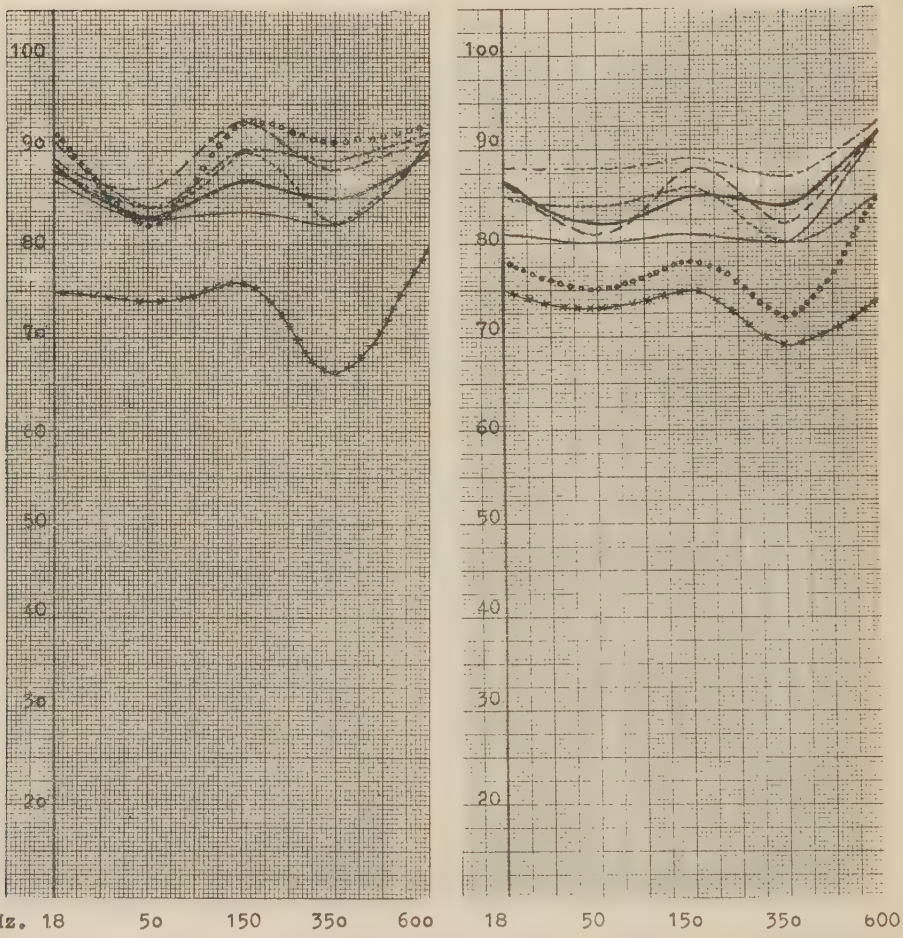
Obere Extremität

Oberarm Streckseite .....
Oberarm Beugeseite ——
Unterarm Beugeseite — . — . —
Unterarm Streckseite ____
Hohlhand — — — — —
Daumen ooooo
Zeigefinger Kuppe x-x-x

Untere Extremität

Unterschenkel Beugeseite - - - - -
Oberschenkel Beugeseite — . — . —
Unterschenkel Streckseite ——
Oberschenkel Streckseite .....
1.Zeh Strechseite — — — — —
Fussrücken ____
Fussohle ooooooo
Mittelzeh-Kuppe x-x-x

Durchschnittliche Schwellenwertskurven.



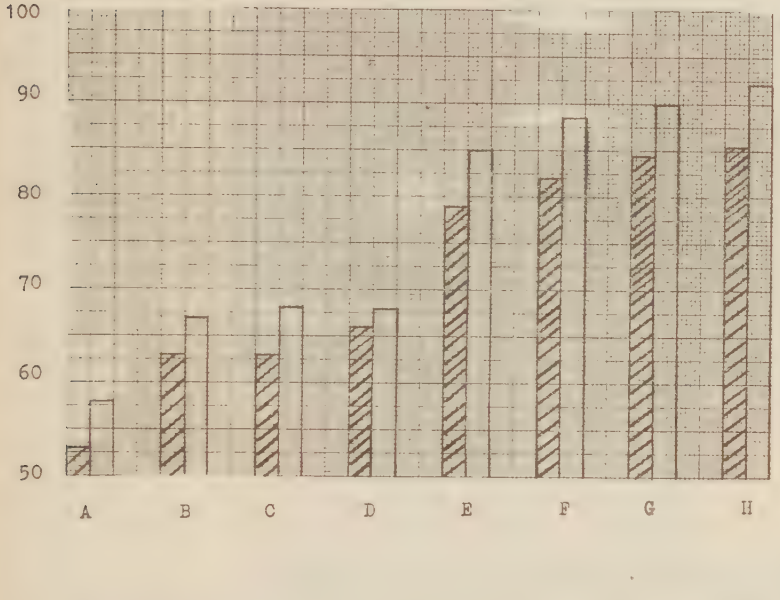
Rumpf

Halsmitte
Bauch Medianlinie
Rücken Lendenbereich
Nackenmitte
Rücken Thoraxbereich
Mamillarlinie
Sternum

Kopf

Hinterkopf
Stirn
Nasenspitze
Kinn
Wange
Unterlippe
Oberlippe

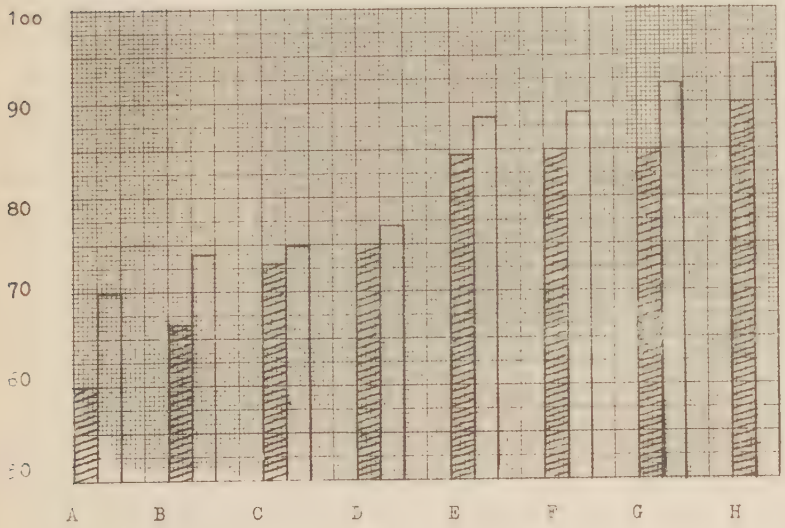
Schema über die steigernden Schwellenwerte der getesteten Hautpunkte im 1.und 4.Schwingkreis.



A r m

A = Zeigefinger kuppe
B = Daumen
C = Hohlhand
D = Handrüc ken
E = Unterarm Streckseite
F = Oberarm Beugeseite
G = Unterarm Beugeseite
H = Oberarm Streckseite

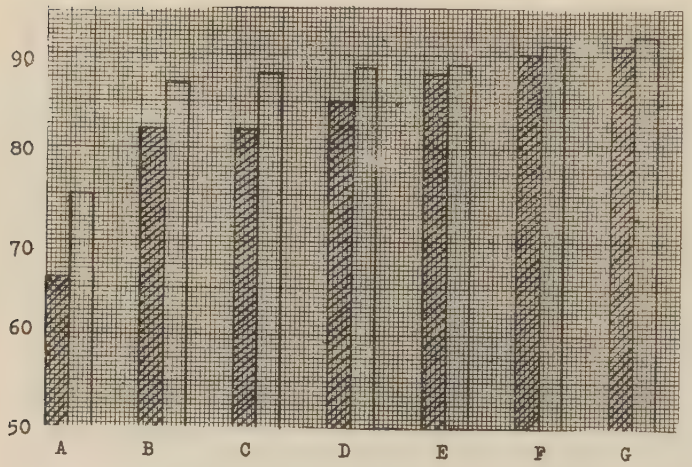
350 18 Hz



B e i n

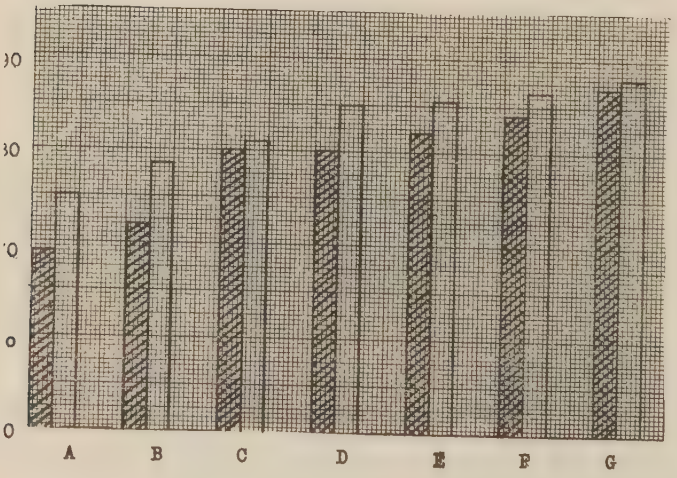
A = Mittelzeh
B = Fussohle
C = Fussrücken
D = Zeh I Streckseite
E = Unterschenkel Streckseite
F = Oberschenkel Streckseite
G = Oberschenkel Beugeseite
H = Unterschenkel Wade

Schema über steigernde Schwellenwerte der getesteten Hautpunkte im 1.und 4.Schwingkreis.



R u m p f

A = Sternum
B = Mamillarlinie
C = Nackenmitte
D = Rücken Thoraxbereich
E = Bauch Medianlinie
F = Rücken Lendenbereich
G = Halsmitte



K o p f

A = Oberlippe
B = Unterlippe
C = Wange
D = Nasenspitze
E = Kinn
F = Stirn
G = Hinterkopf

Vibrationsempfindungsbereich der Haut.

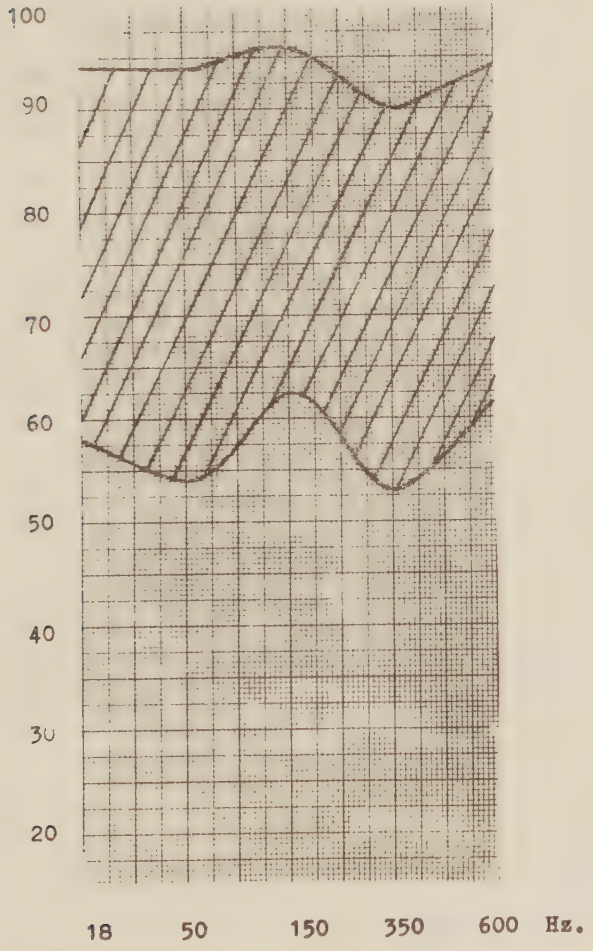
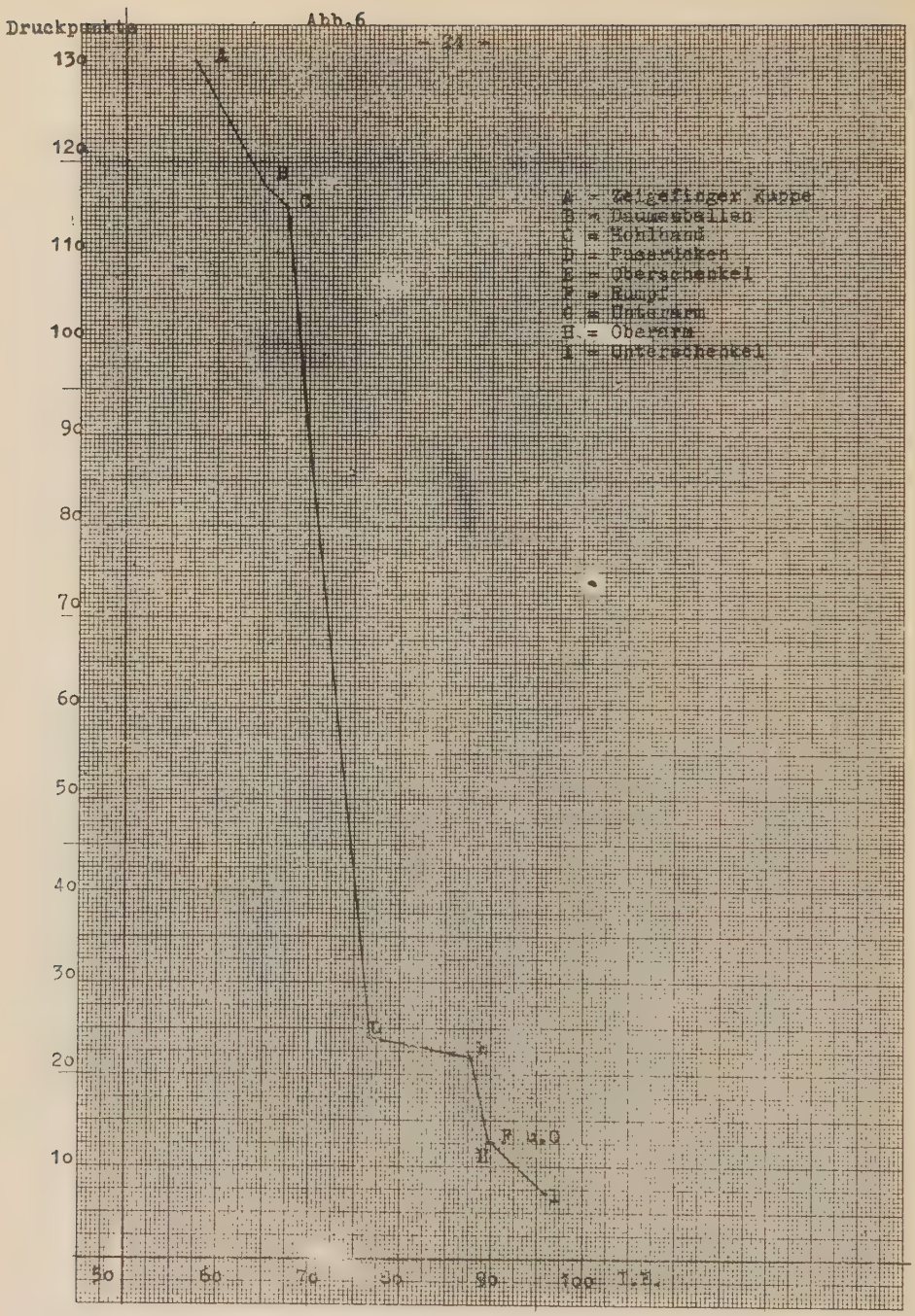
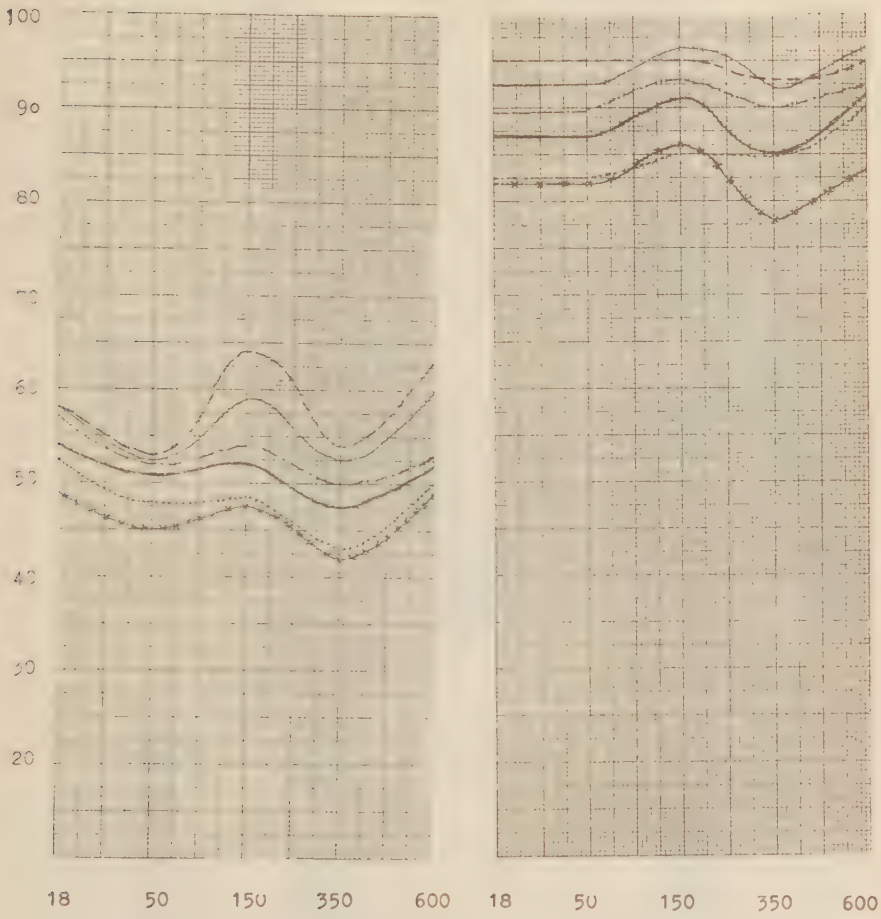


Abb.6


Druckpunkte
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
A = Zeigefingerkuppe
B = Daumenballen
C = Kohlhand
D = Fussrücken
E = Oberschenkel
F = Rumpf
G = Unterarm
H = Oberarm
I = Unterschenkel
50
60
70
80
90
100
T.E.

Schwellenwertkurven der einzelnen Versuchspersonen.

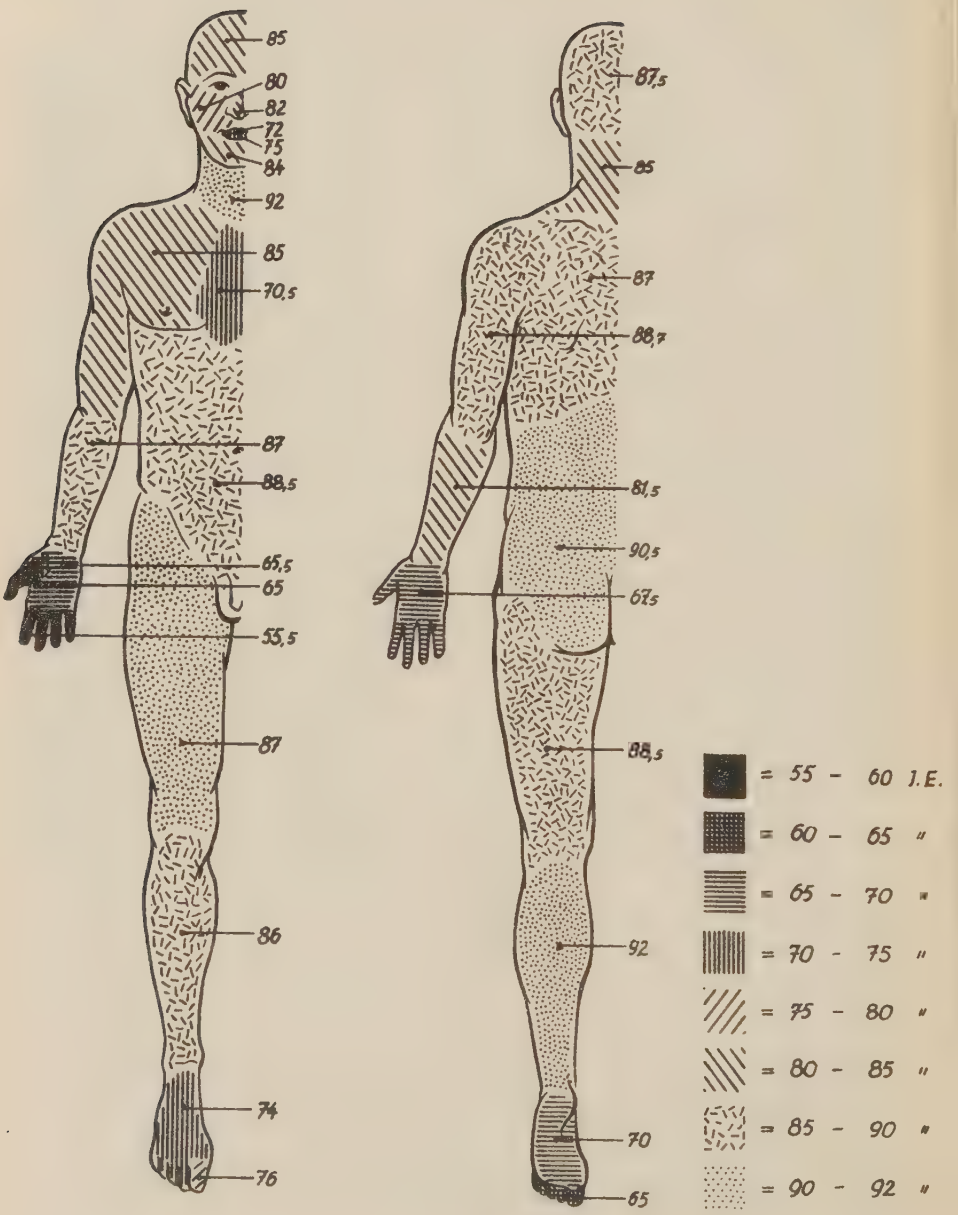


Zeigefinger Kuppe

Ch.W.
B.K.
A.H.
O.T.
Ch.K.
M.U.

Unterschenkel Wade

Abb. 8


85
80
82
72
75
84
92
85
70,5
87
88,5
65,5
65
55,5
87
86
74
76
87,5
85
87
88,7
81,5
90,5
67,5
88,5
92
70
65
= 55 - 60 J.E.
= 60 - 65 "
= 65 - 70 "
= 70 - 75 "
= 75 - 80 "
= 80 - 85 "
= 85 - 90 "
= 90 - 92 "

Meinem verehrten Lehrer
Herrn Professor Dr. med. G.S c h a l t e n b r a n d
möchte ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas, die Übernahme des Referates und die jederzeit gern gegebenen Hinweise und Anregungen meinen herzlichen Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

Coleman Warren	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. Bd. 94 S.623 (1939).
v.Frey	Arb.aus d. Physiolog.Inst.Würzburg Bd. 24 S.539 (1926).
v.Frey	Arb.aus d. Physiolog.Inst.Würzburg Bd. 28 (1928/29).
v.Frey	Arb.aus d. physiolog.Labor Würzburg Bd. 13 S.417
Gillner B.u.v.Haller	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. Bd. 88 S.576 (1938).
Goldscheider	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. 23.Jg. S.513 (1904).
v.Haller	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. Bd. 78 S.193 (1935).
Katz u. Urldt	Arb.aus d. Physiolog.Inst.Würzburg Bd. 24 S.539 - 541 (1926).
Lehmann	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. 32.Jg. S.1035 (1913).
Lilienstein	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. 28.Jg. S.551 (1909).
Newman,Doupe,Wilkins	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. Bd.93 S.593 (1939).
Redlich	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. 35.Jg. S.967 (1916).
Thiel C.F.	Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psychiatr. Bd. 60 S.167 (1931).

Lebenslauf.

Am 31.5.1926 wurde ich als Tochter des Lehrers Bernhard Kraft und seiner Frau Elisabeth geb.Schmalor in Allagen in Westfalen geboren.Bis zum 6.Volkschuljahr besuchte ich die Volkschule in Allagen,anschließend die Oberschule in Warstein.Von 1941 bis 1945 war ich Schülerin des Gymnasiums Petrinum in Brilon,wo ich nach Teilnahme eines einjährigen Förderungskurses 1947 das Abitur machte. Darauf immatrikulierte ich mich zum Winter-Semester 1947/48 an der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg,wo ich im Sommer 1954 das medizinische Staatsexamen ablegte. Während der folgenden Pflichtassistentenzeit arbeitete ich an der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses in Geseke, in der freien Landpraxis und in der Universitäts-Augenklinik Würzburg,wo ich seit dem 1.November 1955 mit meiner augenfachärztlichen Ausbildung begonnen habe.

Ich versichere ehrenwörtlich,daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich,daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Christine Kraft